



实验成绩	
教师签字	
批改日期	

实 验 报 告

题 目：用最小偏向角法测量透明介
质折射率

学 院：物理学院

学 号：11210615

姓 名：石航瑞

组 别：X2

实验地点：唐敖庆楼 B 区

实验时间：2023 年 4 月 20 日

一、实验原理

如图1所示，一束平行光经三棱镜后将发生折射，入射光方向与出射光方向之间的夹角 δ 称为偏向角。偏向角 δ 与三棱镜顶角 α 、折射率 n 及入射角 i_1 有关。对于给定的棱镜(α 与 n 固定)， δ 只随 i_1 变化。可以证明，偏向角并不随入射角作单一方向的变化，当 i_1 取某一值时， δ 有一最小值 δ_{\min} ，称为最小偏向角。由图1可知

$$\delta = (i_1 - i_2) + (i_4 - i_3) = (i_1 + i_4) - (i_2 + i_3)$$

而

$$\alpha = i_2 + i_3$$

所以

$$\delta = i_1 + i_4 - \alpha \quad (1)$$

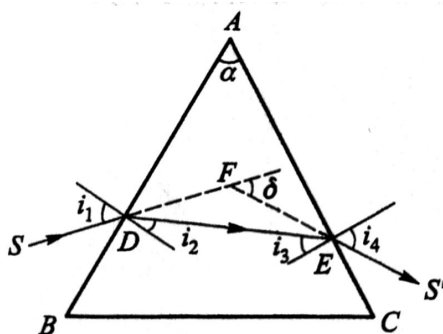


图1 光路示意图

由上式可知，光线经过三棱镜后，所产生的偏向角 δ 是 i, α, n 的函数，对于给定的棱镜， α, n 是定值，所以 δ 只与 i_1 的大小有关。

由折射定律 $\sin i_1 = n \sin i_2$ 和 $\sin i_4 = n \sin i_3$ 得：

$$\sin i_1 + \sin i_4 = n(\sin i_2 + \sin i_3) \quad (2)$$

化简可得：

$$\sin \frac{1}{2}(\delta + \alpha) = n \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{\cos \frac{1}{2}(i_2 - i_3)}{\cos \frac{1}{2}(i_1 - i_4)} \quad (3)$$

通过求极值条件

$$\frac{d\delta}{di} = 0, \frac{d^2\delta}{di^2} > 0$$

可以得出，在 $i_1 = i_4$ 的条件下， δ 有极值，也就是当入射光线与出射光线对称时，偏向角最小，此时应有

$$\delta_{\min} = 2i_1 - \alpha$$

所以

$$i_1 = \frac{1}{2}(\delta_{\min} + \alpha)$$

而

$$i_2 = i_3 = \frac{\alpha}{2}$$

又

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$$

可得：

$$n = \sin \frac{\alpha + \delta_{\min}}{2} / \sin \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

因此，测出顶角 α 及最小偏向角 δ_{\min} ，便可求得 n 。

由于 n 与波长有关，所以 δ_{\min} 也与波长有关，本实验用汞蓝线 $\lambda = 435.8\text{nm}$

二、 实验步骤

1. 调节分光计使其处于正确的工作状态。
2. 调节望远镜接目镜与叉丝间距离，使得观测者通过接目镜能看清楚叉丝，调节望远镜聚焦平行光。
3. 调节望远镜的光轴垂直于分光计中心轴。
4. 调节平行光管发出平行光并且与分光计中心轴垂直。
5. 调节狭缝宽度，转动狭缝宽度调节手轮使狭缝的像最清晰明亮。
6. 调节三棱镜，使主截面与中心轴垂直。
7. 用汞灯照亮平行光管的狭缝，使平行光管发出的平行光射到三棱镜的一个折射面（比如 AB 面）上。根据三棱镜折射的性质，先用眼睛直接找到出射光，然后用望远镜对准汞蓝线，转动载物台使入射角改变，同时望远镜跟踪移动，保证在视野中叉丝始终对准汞蓝线。当物台转到某一位置时，汞蓝线便向相反方向移动（这时 δ 反而增大了），这个反转点便是汞蓝线处在最小偏向角时的位置。

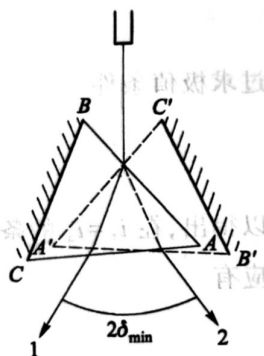


图 2 最小偏向角测量示意图

8. 锁住望远镜固定螺钉，微微转动载物台，仔细观察谱线移动情况，以判明叉丝确实在汞蓝线最小偏向角位置（反转点位置）。若有偏差，则

调节望远镜微动螺钉，使望远镜叉丝对准其修正后的位置，此时记录左右两个游标的读数 θ_1 和 θ_2 。转动载物台，使棱镜另一折射面 AC 对准入射光线，按上述方法同样也可找到一个汞蓝线处于最小偏向角的位置，再次记录左右两个游标的读数 θ'_1 和 θ'_2 。

9. 如图2所示，此时测得的两折射面间的夹角是 $2\delta_{min}$ ，那么最小偏向角为

$$\delta_{min} = \frac{(\theta'_1 - \theta_2) + (\theta'_2 - \theta_1)}{4} \quad (5)$$

测量三次汞蓝线的最小偏向角，列表求出平均值。

10. 将棱镜顶角 α 和最小偏向角 δ_{min} 代入式(4)，计算出棱镜对汞蓝线的折射率 \bar{n} ，并计算 n 的算术平均误差。

三、 实验数据

测量三棱镜顶角			
φ_1	φ'_1	φ_2	φ'_2
86°01'	266°02'	206°08'	26°10'

测量最小偏向角 δ_{min}				
	θ_1	θ'_1	θ_2	θ'_2
1	271°21'	91°18'	350°10'	170°07'
2	271°21'	91°18'	350°22'	170°19'
3	271°24'	91°20'	350°18'	170°16'

四、 计算与分析

可得三棱镜顶角 $\alpha = 180^\circ - \frac{\varphi_2 + \varphi'_2 - \varphi_1 - \varphi'_1}{2} = 59^\circ 53'$

由式(5)计算可得： $\delta_1 = 39^\circ 25'$

$$\delta_2 = 39^\circ 30'$$

$$\delta_3 = 39^\circ 28'$$

将其代入式(4)可得：

n_1	n_2	n_3
1.5269	1.5279	1.5274

所以：

$$\bar{n} = 1.527$$

其算术平均误差为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum |n_i - \bar{n}|^2}{3}} = 0.0042$$

对于多次测量的重复量均有 A 类不确定度：

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n \cdot (n - 1)}}$$

可得

由仪器精度产生的误差可以认为是均匀分布，所以我们有：

$$u_B = \frac{\delta}{\sqrt{3}}$$

其中 δ 为仪器最大极限误差。

可得 $u_B = 1.679 \times 10^{-4} rad$

C 类不确定度由其他不确定度合成：

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

可得

$$\begin{aligned} u_{\theta_1} &= 3.36 \times 10^{-4} rad \\ u_{\theta_1}' &= 2.12 \times 10^{-4} rad \\ u_{\theta_2} &= 3.72 \times 10^{-3} rad \\ u_{\theta_2}' &= 3.88 \times 10^{-3} rad \end{aligned}$$

由不确定度传递公式：

$$u_C = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_{x_i}^2} \quad (10)$$

带入式(4)可得

$$u_C = \left(\frac{1}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} u_{\alpha}^2 + \frac{\cos \frac{\alpha + \delta}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot u_{\delta}^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 6.812 \times 10^{-3}$$

我们可以取置信概率为95%来计算数据的扩展不确定度 U_p ，由于取 $p = 95\%$ ，那么 $k_p = 1.96$ ，所以可得：

$$U = 0.01335$$

所以结果为：

$$\bar{n} = 1.527 \pm 0.013$$

实验中误差由以下几方面产生：首先汞蓝光的谱线有一定的展宽，可能会导致测量有偏差；其次，对于是否是最小偏向角的位置判定较为主观，可能会产生一定的误差；再次，实验中本应固定不转动的位置可能链接不紧密，有一定的相对转动，导致产生实验误差；再者，可能装置没有完全调平便开始实验，亦或者在实验过程中，分光计的水平性遭到了破坏，同样会引入误差。

五、 思考题

1. 参考图 2，理解实验中测量最小偏向角的具体方法。

先用眼睛直接找到出射光，然后将望远镜放在原先眼睛处，对准汞蓝线，转动载物台使入射角改变，同时望远镜跟踪移动，保证在视野中叉丝始终对准汞蓝线。当物台转到某一位置时，汞蓝线便向相反方向移动，该位置即是最小偏向角的位置。再仔细调节载物台和望远镜，使得叉丝和最小偏向角位置重合。

2. 找最小偏向角时，怎样判断载物台转动方向时使偏向角增大还是减小？

若转动载物台时，汞蓝光与平行光管的延长线所成的角减小，即是使偏向角减小。